

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Juuso Kauppinen

LAMMIAITA-TUOTEKOKONAISUUDEN TUOTTEISTAMISEN TUKEMINEN

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

KAUPPINEN, JUUSO	LammiAita-tuotekokonaisuuden tuotteistamisen tukeminen
Opinnäytetyö	24 sivua + 19 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori Juha Karvonen, Lehtori Sirpa Laakso ja Lehtori Ilkka Paajanen
Toimeksiantaja	Lammin Betoni Oy
Huhtikuu 2010	
Avainsanat	muottiharkot, aidat, pakkasenkestävyys, suunnitteluohje, tuotteistaminen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tukea LammiAita-tuotekokonaisuuden tuotteistamista. Opinnäytetyöhön kuuluu yhtenä osana julkisivupinnan kiinnityksen varmistaminen pakkastestein laboratorio-olosuhteissa. Pakkastutkimus suoritetaan jäädytys-sulatuskokeella standardin SFS 5447 mukaisesti. Laboratoriotulokset huomioidaan tulevassa työohjeessa mainintana toimivasta tuotekokonaisuudesta kiinnitys- ja rapauslaastin suhteen.

Opinnäytetyöhön kuuluu alustavan suunnitteluohjeen laatiminen. Tämä ohje antaa rakennesuunnittelijalle pohjan LammiAidan rakennekokonaisuuksista, käyttökohteista, laskentaotaksumista ja mitoitusmaailmasta. LammiAidan laskentaotaksumat suoritetaan Suomen rakennusmääräyskokoelman ohjeita ja määräyksiä noudattaen.

Laboratoriossa tehty jäädytys-sulatuskoe antaa hyvin luotettavan tuloksen testattavan tuotteen pakkasenkestävyydestä. Näytekokonaisuuksista tehdään tartuntavetokokeet, jotka antavat tiedon rakenteen pakkasrapautumisesta. Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että tuotteet kestävät hyvin luonnonolosuhteet. Jäädytys-sulatusarkussa olleita tuotteita verrataan huoneenlämmössä olleisiin samoihin tuotekokonaisuuksiin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

KAUPPINEN, JUUSO

Productization Support fo LammiAita Bachelor's Thesis

24 pages + 19 pages of appendices

Supervisor

Juha Karvonen, Senior Lecturer; Sirpa Laakso, Senior Lecturer; Ilkka Paajanen, Senior Lecturer

Commissioned by

Lammin Betoni Oy

April 2010

Keywords

blocks, fences, frost resistance, planning manual, productization

The objective of this thesis is to supporting productization of LammiAita product group. One part of the product group is ensuring the adhesion facade in frost tests in laboratory conditions. The frost study was carried out with freezing-thawing test according to standard SFS 5447. The laboratory results are referred to in the upcoming working instructions for the functioning of fixative and lime plaster.

Compilation of an introductory planning manual is a part of this bachelor's thesis. This manual gives guidelines to the structure designer in use of LammiAita structure products, calculation presumption and dimensioning world. Calculations of LammiAita are made abiding by the National building code of Finland.

The freezing-thawing test done in laboratory conditions, gives reliable results for the product's frost resistance. Traction tensile tests are made for specimen, which give information on frost weathering of the structure. The results have indicated that the products will withstand well in natural conditions. The products in freezing-thawing trunk and room temperature will be compared.

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty yhteistyössä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun ja Lammin Betoni Oy:n kanssa. Työn ohjaajina toimivat oppilaitoksen puolesta Lehtorit Juha Karvonen, Sirpa Laakso ja Ilkka Paajanen sekä laboratorion rakennusinsinööri Jari Harju. Toimeksiantajan puolesta toimitusjohtaja Ismo Nieminen sekä työmaatekniikasta vastaava Sami Rouvila. Erityisesti haluan kiittää työn edistymistä projektin kehittäjä Pasi Koskenrantaa ja Lammin Betonin Oy:n myyntipäällikköä Risto Lemola.

Kiitokset osoitan myös kaikille muille opinnäytetyössä auttaneille.

Kotkassa 5.4.2010

Juuso Kauppinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
1.1	Yleistä	7
1.2	Työn tavoitteet	7
2	LÄHTÖKOHDAT	8
2.1	LammiAidan lähtötiedot	8
2.2	Rakennetta koskevat määräykset	9
2.3	Laboratoriokokeiden lähtötiedot	10
3	SUUNNITTELUOHJEEN TEKEMINEN	11
3.1	Yleisesti	11
3.2	Sisältö	11
3.2.1	Lähtökohdat	11
3.2.2	Laskentaotaksumat	12
4	LABORATORIOTUTKIMUSTEN TEKEMINEN	13
4.1	Tutkimukset	13
4.2	Jäädytys-sulatuskoe	14
4.3	Tutkimusten aloittaminen	15
4.4	Pakkasenkestävyys	15
4.4.1	Pakkasrapautuminen	15
4.4.2	Pakkasenkestävyyden tutkiminen	16
4.5	Vetolujuus ja vetokokeiden tekeminen	16
4.6	Pintakäsittelyn tutkiminen	17
4.7	Tulokset ja loppupäätelmät	18
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	22
5.1	Työn tekeminen ja ongelmat	22
5.2	Tavoitteiden toteutuminen	22
5.3	Johtopäätökset	22

LIITTEET

Liite 1/1-17. LammiAidan suunnitteluohje

Liite 2/1. Lämpötilat jäädytys-sulatusarkussa 100 syklin aikavälillä

Liite 3/1. Yhden vuorokauden syklit jäädytys-sulatusarkussa

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Opinnäytetyön taustalla oli Lammin Betoni Oy, joka on suurten betonisten rakennuskivien valmistukseen keskittynyt perheyritys. Se on omalla alallaan Suomen suurin ja vanhin yritys. Se on perustettu vuonna 1956. (Lammin Betoni Oy 2010, konserni)

Lammin Betoni Oy on panostanut omien tuotteiden yhtenäistämiseen eli tuotevalmiiden tuotekokonaisuuksien markkinoimiseen. Tähän työhön syntyi tarve, koska yritys halusi tuoda markkinoille valmiin tuotteen eli muottiharkoista tehdyn aidan. Tämän tuotteen markkinoille tulon jälkeen yrityksellä on kattavampi tuotevalikoima asiakkailleen tarjottavaksi. Yritys pyrkii saamaan tuotevalikoimansa sille tasolle, että pientalonrakentaja voi rakennuttaessaan hankkia koko paketin piharakenteita myöden saman katon alta.

Markkinointia ja etenkin myynnin edistämistä ajatellen tuotekokonaisuudelle luodaan suunnitteluohje, jotta rakennesuunnittelijat pystyvät suunnittelemaan LammiAita-rakenteet. Tämän ohjeen pohjalta kaikki mahdolliset eri variaatiot kivivalinnoissa, mittajärjestelmissä ja ominaisuuksissa löytyvät yhdestä ohjeesta suhteellisen helposti.

1.2 Työn tavoitteet

LammiAita-tuote on ensimmäisen kerran esitelty Vihertek 09 - messuilla 7–9.10.2009. Silloin esiteltiin pieni luonnoskappale LammiAidasta messukävijöille. Tämän työn tavoitteena oli tukea LammiAita-kokonaisuuden tuotteistamista aina markkinoille saatamiseen asti. Työhön kuului suunnitteluohjeen pohjustaminen sekä laboratoriotestein julkisivupinnan kiinnityksen varmistaminen. Tämä kartoitettiin pakkastestein eri kiinnityslaastivalmistajien tuotteilla. Laboratoriotutkimukseen otettiin mukaan myös rappauslaastipinnan testaaminen.

Opinnäytetyössä laadittava suunnitteluohjeen pohjalta rakennesuunnittelija pystyy yksinkertaisemmin suunnittelemaan LammiAidan asiakkaalleen ja Lammin Betoni -konsernin myyntihenkilöt saavat tärkeimpänä etuna alustavaa tietoa mahdollisista mitoitusjärjestelmistä, mikä helpottaa tuotekokonaisuuden markkinointia asiakkaille.

2 LÄHTÖKOHDAT

2.1 LammiAidan lähtötiedot

Muottiharkoista koottava betonilla täytettävä ja ulkopinnaltaan joko luonnonkivinen tai rapattu aita on massiivinen kokonaisuus. Tähän lisättynä tukimuuria leveämmät pilarit ja pilarien väliin tuleva kaidejärjestelmä tuovat sille näyttävän ulkonäön.

Aina LammiAitaa tehdessä tulee perustukset rakentaa tarpeeksi syvälle ja betoni tai muottiharkoista tehdyn anturan kanssa. Syytä on myös huolehtia riittävästä routasuojuuksesta. Koska rakenne luokitellaan kylmäksi rakenteeksi, tulee routaeristys sen dimensioista yllättävän suuri. (Thermisol 2010, kylmän rakenteen routasuojaus)

Päämateriaalina aidassa ovat Lammin Betoni Oy:n pidempään markkinoilla olleet normaalit lämpöeristämättömät muottiharkot MH200, ja pilariharkkoina käytetään PH250 sekä PH400 muottiharkkoja. Rakenteen toimiessa tukimuurina maanpainetta vasten käytetään muottiharkkopilareiden tilalla teräspilareita. Näin ollen maanpainetta vastaanottamaan tehdään tukimuurista yhtenäinen, jolloin muottiharkko on valettava täyteen betonilla. (Lammin Betoni Oy 2010, tuoteselostukset)

LammiAita voidaan tehdä myös ilman muottiharkkojen valamista täyteen aina kolmeen metriin asti maanpinnasta katsottuna. Tällöin rakenteeseen ei saa kohdistua maanpainetta tai normaalista poikkeavaa vaakasuuntaista rasitusta. Tässä vaihtoehdossa muottiharkot ladotaan kiinni toisiinsa kiinnityslaastia apuna käyttäen valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Muottiharkkojen päälle asennetaan päällyskivi, joka on hieman rakennetta leveämpi ja materiaaliltaan luonnonkiveä. Aidan teräksiset kaidekehikot kiinnitetään pilariin erillisellä siihen tarkoitettulla kiinnikkeellä. Aitakehikkoja on erilaisia (kuva 1) ja tarvittaessa voidaan käyttää putoamissuojana valittaessa tarkoitukseen sopiva kaidekehikko. Putoamissuojavaatimukset tulevat RakMK -F2 määräyksistä.



Kuva 1. Erilaisia aitaelementtejä, joista keskimäinen kaidejärjestelmä soveltuu puutoamissuojaksi

Pintavaihtoehtona käytettävää luonnonkiveä on Suomessa käytetty jo pitkälti 1900-luvulla. Luonnonkivi on vahva materiaali, joka ei käytössä paljoa kulu. Nämä LammiAidan luonnonkivet ovat alkujaan Kiinasta. (Rakennusperintö 2009) Rakenteen ehjänä pysyminen ja kestäminen Suomessa vallitsevissa olosuhteissa, etenkin rannikolla, vaativat rakennettavilta materiaaleilta paljon. Tämä kestävyys tutkitaan muottiharkon ja kiinnityslaastin yhteisvaikutuksena koulun laboratoriossa jäädytys-sulatuskokein 100 syklin jaksossa, mikä vastaa käytännössä 50 vuoden rasitusta luonnonolosuhteissa. (Rappauskirja 2005, 135)

2.2 Rakennetta koskevat määräykset

Paikkakuntakohtaisesti rakennuslupa tarvitaan kaikkeen uudisrakentamiseen sekä suurempiin peruskorjaushankkeisiin eli käytännössä lähes kaikkeen rakentamiseen. Tämä perustukset vaativa ja mahdollisesti vielä tukimuurina maanpainetta vastaan käytettävä aita ei tee poikkeusta. Siksi rakenne onkin suunniteltava kohdekohtaisesti erikseen. Harkoista ja betonista tehtyyn aitaan pätevät suunnittelussa käytettävän Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) määräykset tai vaihtoehtoisesti eurokoodien vastaavilla EC 1 Rakenteiden kuormat, EC 6 Muurattujen rakenteiden suunnittelu ja EC 7 Geotekninen suunnittelu. Tässä suunnitteluohjeessa on käytetty RakMK -määräyksiä ja ohjeita, jotka antavat hieman varmemman päälle tulokset:

- RakMK B1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset,
- RakMK B4 Betonirakenteet
- RakMK B9 Betoniharkkorakenteet ja
- RakMK F2 Rakennuksen käyttöturvallisuus, mikäli aidan kaide toimii pu-toamissuojana rakenteessa.

Tämän lisäksi Suomen Rakennusinsinöörien liitto antaa ohjeet pohjarakentamiselle (RIL 121–2004 Pohjarakennusohjeet). Routaeristämiseen on Thermisolín routaeristyslaskin heidän omalla Internet-sivullaan osoitteesta <http://www.mittaviiva.fi/thermisol/>. Tämän ohjelman avulla saadaan nopeasti ja yksinkertaisesti perustuksen routaeristämisen paksuus laskettua eri puolella Suomea.

Maanpaine kuormat tutkitaan RakMK B9 kohdan 3.2.2 mukaisesti. Rakenteen toiminnan kannalta mitoitettavat kohdat ovat anturan taivutuskestävyys, rakenteen kaatuminen ja liukuminen sekä muurin vaakasuuntaisen maanpaineen kestävyys. Näiden mitoittamisen kaavat ovat RakMK B4 -ohjeissa.

2.3 Laboratoriokokeiden lähtötiedot

Suomessa rakennettaessa tulee rakenteen kestää sille asetettu käyttöikä, joka tälle tuotteelle on asetettu 50 vuoden mittaiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että rakenne suunnittelun määräysten mukaisesti suunnitteluikä huomioiden. Uutta tuotekokonaisuutta tuottaessa markkinoille on syytä tarkistaa tuotteen kestävyys laboratoriossa ennen sitä. Näin laboratorio-olosuhteissa tehtynä tulokset saadaan nopeasti, koska normaaliolosuhteissa testaamista ei ole aikaa odottaa. (Betoninormit by 50 2004, 233.)

Kokeet painotetaan muottiharkolle ja mahdollisille julkisivupintavaihtoehtoillemu kiinnitysten suhteen. Testattavana ja vertailtavana on tuotteen pakkasenkestävyys jäädytys-sulatusarkussa. Tuloksia verrataan arkussa käydyn ja vertailtavan huoneenlämmössä olleen tuotekokonaisuuden kesken tartuntavetokokein. Näin pystytään katsomaan rapautumisaste sekä rakenteen mahdollinen pakkasrapautuneisuuden vaara ja kiinnityspinnan lujuus. Lisäksi halkeilut, säröilyt sekä muut muodonmuutokset rakenteen pinnalla voidaan havaita silmämääräisesti. (Betoninormit by 50 2004, pakkasenkestävyys)

3 SUUNNITTELUOHJEEN TEKEMINEN

3.1 Yleisesti

Suunnitteluohjeen tavoitteena on saada suunnittelijalle - niin rakennesuunnittelijalle kuin arkkitehdillekin - aikaan työkalu, josta hän saa tarvittavat lähtökohdat projektin suunnittelulle. Ohjeen avulla suunnittelija pystyy katsastamaan mahdolliset tuotevaihtoehdot ja niiden ominaisuudet. Lisäksi on helppo tarkistaa suunnittelun näkökulmasta muita huomioonotettavia seikkoja, kuten routaeristämisen paksuutta, raudoituksen määrää ja mahdollista maanpaineen vaikutusta rakenteeseen. LammiAitahan on tarkoitettu käytettäväksi paitsi pihamaata koristamaan, myös tarpeen tullen toimimaan tukimuurina. Tämä ratkaisu tulee kyseeseen esimerkiksi silloin, kun pihamaa on ylempänä katutasoa tai muussa vastaavanlaisissa tilanteissa, joissa aidan erottamien alueiden välillä vallitsee korkeusero.

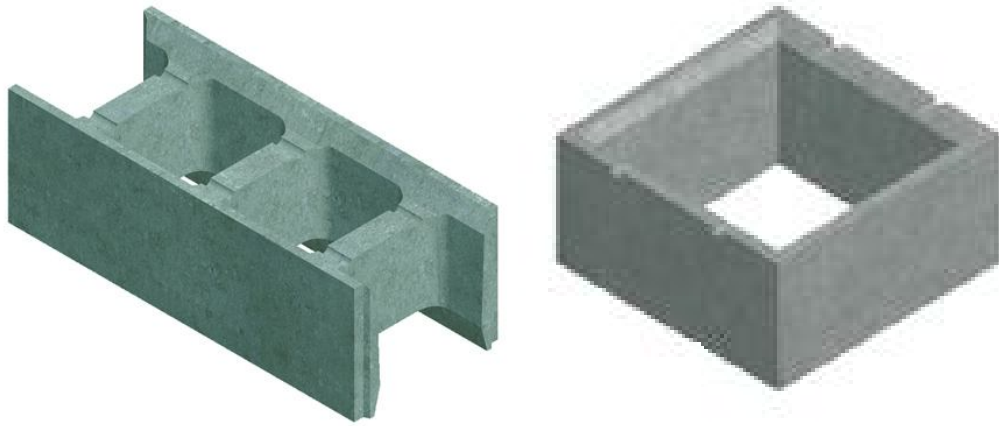
Suunnitteluohjeessa esitetään LammiAidan rakenne ominaisuuksineen, käyttökohteineen, laskentaotaksumineen ja mittajärjestelmineen. Rakenteen ominaisuudet tulevat pitkälti muottiharkon ominaisuuksista, jotka täten vastaavat betonin lujuuksia ja kestävyyskäsitteitä niin hyvässä kuin pahassakin. Laskentaotaksumat on esitetty kaavoineen edellä mainituissa Suomen rakennusmääräyskokoelman määräyksissä.

3.2 Sisältö

3.2.1 Lähtökohdat

Lähtökohtana tälle suunnitteluohjeelle on Lammin Betoni Oy:n tuotekokonaisuuksien lisääminen. Päätuotteena on muottiharkko (kuva 2), jonka yhteyteen tehdään erilaisista kivipinnoista ja kaidekehikosta yhdistettynä valmis tuotekokonaisuus LammiAita. Projekti lähtee liikkeelle alkutietojen kokoamisella eli muun muassa tuotteiden määrittämisellä, käytettävien ohjeiden ja määräysten kokoamisella sekä pohdinnalla, mitä muuta mahdollisesti pitää ottaa huomioon. Muihin huomioonotettaviin asioihin voidaan katsoa kuuluvaksi LammiAidan käyttökohteiden tarkastelu, minkä tähden suunnitteluohjeessakin tulee ilmetä laskentaotaksumat erilaisten tilanteiden vallitessa. LammiAitaa pystytään esimerkiksi tekemään kahdesta kolmeen metriin maanpinnan yläpuolelle ilman muottiharkon sisään valettavaa betonia. Tämä taas on merkittävä

tieto suunnittelijalle ja säästö rakentajalle, kun rakenne tehdään ilman maanpaineen kohdistuvaa rasi- tusta.



Kuva 2. Muottiharkko MH200 vasemmalla ja pilariharkko PH400 oikealla. (Lammin Betoni Oy:n tuoteselostukset 2010)

3.2.2 Laskentaotaksumat

Kuten aiemmin on mainittu, laskennat tehdään pääosin RakMK määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset sekä murto- että käyttörajatilassa saadaan RakMK B1 osasta. Muottiharkkomuuri mitoitetaan erikseen sekä vaakaa- että pystykuormille ja näiden samanaikaiselle yhteisvaikutukselle. Rakenteen kuormaksi otaksutaan omapaino, joka on pitkäaikainen kuorma sekä lumikuorma, joka vastaavasti on lyhytaikainen kuorma näin Suomen olosuhteissa. Näiden lisäksi rakenteen toimiessa tukimuurina tulee vaakakuormia tarkastella tarkemmin momenttien ynnä muiden voimien, kuten leikkauskestävyyden suhteen. Näihin ohjeet ja määräykset löytyvät RakMK B9:stä.

Pohjarakenteet asianmukaisesti tehtynä ovat perusta pitkäkestoiselle rakenteelle. Routaeristys mitoitetaan CEN/ISO standardin 13793 mukaisesti. Routasuojaus tulee mitoittaa kerran 50 vuodessa esiintyvän pakkasmäärän mukaan. Suomessa esiintyvä roudan syvyys ja pakkasmäärät vaihtelevat paikkakunnan sijainnin mukaan. Tästä esimerkkinä Pohjois-Suomessa roudan syvyys on noin 2,5 metrin luokkaa, kun Etelä-Suomessa noin 2,0 metrin tienoilla. (Thermisol 2010, kylmän rakenteen routasuojaus)

Tukimuurina toimivaan rakenteeseen lasketaan myös siihen kohdistuvan maanpaineen vaikutus. Maanpaineella tarkoitetaan maamassan oman tilavuuspainon ja ulkoisen kuormituksen synnyttämää painetta muuria vasten. Maanpaineita on kolmenlaisia: aktiivi-, lepo- ja passiivipaine. (Rantamäki & Tammirinne 2006) Koska tämä rakenne oletetaan siirtymättömäksi eli liikkumattomaksi, käytetään lepopainetta. Lepopaine määritetään täten kimmoteorian pohjalta. Lepopaine jakautuu pintakuormasta ja maan omasta painosta vaikuttaen rakenteeseen vaakasuoraan. Rakenteet suunnitellaan murto- ja käyttörajatiloissa kimmoteoriaan perustuen. Voimasuureet lasketaan kimmoteorian mukaisesti ja lujuusarvoina käytetään RakMK B9:n antamia arvoja.

Rauditus lasketaan RakMK B4:n mukaisesti. Niiden mukaan saadaan rakenteelle ohjeelliset minimirauditusarvot. Rakenteessa käytetään vaaka- ja pystyraudoitusta.

Vaakasunnassa riittää kutistumaraudoituksen laskeminen halkeilun rajoittamiseksi.

4 LABORATORIOTUTKIMUSTEN TEKEMINEN

4.1 Tutkimukset

Projektiin liittyvät laboratoriotestit lähtevät liikkeelle tiedusteluilla tutkimukseen mukaan haluavilta yrityksiltä, jotka ovat valmiita mahdolliseen yhteistyöhön Lammin Betoni Oy:n kanssa ja luovuttamaan tuotteensa testattavaksi. Mukaan lähtevällä yrityksellä on mahdollisuus saada nimensä näkyviin ko. tuotteen työohjeisiin, mikäli huomataan testattavien aineiden toimivan yhdessä moitteettomasti.

Rakenteen pakkasenkestävyyttä ja rapautumistilaa voidaan tutkia useilla eri menetelmillä. Kovettuneen betonin pakkasenkestävyyden toteamiseksi käytetään testausmenetelmänä joko jäädytys-sulatuskoetta tai laattakoetta. Nämä kokeet paljastavat mahdolliset pakkasenkestävyyden puutteet. Tässä tapauksessa rakenteen ollessa uusi testataan se jäädytys-sulatuskokeella standardin SFS 5447 mukaisesti. Tämän jälkeen tutkitaan rakenne silmämääräisesti ja vetokokeiden avulla. Epävarmuutta tuloksiin voi aiheuttaa muun muassa liian pienet näytemäärät tai ristiriitaiset tulokset, jolloin tuloksien välillä on suuri hajonta. (Rappauskirja 2005, 135.)

4.2 Jäädytys-sulatuskoe

Jäädytys-sulatuskoe on suora pakkasenkestävyyden mittausmenetelmä. Standardin SFS 5447 mukaisessa jäädytys-sulatuskokeessa lämpötila vaihtelee $+20 \dots -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Kojeen lämpötilan muutosnopeus on vapaa, joten yhdenmukaisuutta ei tältä osin eri laitteistojen kesken ole. Jäädytys-sulatuslaitteisto koostuu jäädytys-sulatusarkusta, sen lämpötilan ohjausyksiköstä, mikrotietokoneesta ja ulkoisesta nestesäiliöstä. Laitteen kannessa on tuulettimet, joilla kierrätetään ilmaa arkun sisällä. Lämpötilamuutokset havaitaan näytteeseen asennetulla lämpötila-anturilla (kuva 3) ja mikrotietokoneella. Lämpötilan ohjausnäytteen ja ko. arkun sisäilman lämpötila tallennetaan tietokoneelle. Sieltä saadaan taulukoituna tarkat lämpötilamuutokset eri aikoina todella tarkasti.

Tämä koe tehdään 100 syklin (kierroksen) lukumäärällä, mikä vastaa 50 vuoden suunnittelukäyttöikää ja kohtuullista rasitusluokkaa. Jäännöslujuuden rasisuskokeen jälkeen tulee olla vähintään 2/3 vertailukoekappaleiden vastaavista vetolujuusarvoista. Kun tämä vaatimustaso on saavutettu, voidaan koetta pitää pakkaskestävyyden suhteen hyväksyttävänä. Lisäksi silmin havaittavaa rapautumista ei saa ilmetä, jotta tuotteen voidaan sanoa kestävän pakkasen tuomat rasitukset.



Kuva 3. Näytekappaleen sisälle kiinnitetty lämpötila-anturi

4.3 Tutkimusten aloittaminen

Kiinnityslaastit pyydettiin testattavaksi rakennuslaastien valmistukseen keskittyneiltä yrityksiltä. Testaaminen aloitetaan eri pintavaihtoehtojen kiinnittämällä muottiharkkoon kiinnityslaastiohjeen mukaisesti. Tutkimukseen otettiin testattavaksi kaksi luonnonkivelle sopivaa kiinnityslaastivaihtoehtoa ja yksi rappauslaasti. Nämä kaikki olivat eri valmistajan tuotteita. Luonnonkivivaihtoehtoja oli kaksi erilaista: Dark, joka on pinnaltaan elävä, jopa mahtipontinen sekä Black, joka on näistä kivivaihtoehtoista virtaviivaisempi ja sirompi. Ennen tuotteiden laittamista jäädytys-sulatusarkkuun annetaan kiinnityslaastin kuivua huoneenlämmössä 28 vuorokautta, jonka jälkeen se on valmis jäädytys-sulatuskoetestausta varten. Toinen samanlainen tuotekokonaisuus jätetään huoneenlämpöön myöhemmin testattavia tartuntavetolujuuksia varten.

4.4 Pakkaskestävyys

4.4.1 Pakkasrapautuminen

Betonin pakkaskestävyysongelmien suurimpana syynä voidaan pitää, että aiemmin yleisesti käytettiin lisähuokostamatonta ja melko alhaisen lujuusluokan betonia julkisivuissa. Pakkasrapautumaa esiintyy yleisimmin rannikkoseuduilla ankarasta ilmastorasituksen vuoksi. (Pakkasrapautuminen 2010, 9)

Pakkaskestävyyttä parannetaan lisähuokostuksella sekä riittävän alhaisella vesisementtisuhteella ($w/c < 0,6$). Betonissa on oltava ilmahuokosia, joihin laajentuva vesi voi tunkeutua jäätymislaajenevan paineen vuoksi, muuten betoni vaurioituu. Käytännössä pakkaskestävyyden varmistaminen ei edellytä lujuusluokan nostamista yli K30-tason. (Pakkasrapautuminen 2010, A6)

Pakkasrasitus syntyy, kun betonin huokosverkostoon syntyy painetta veden jäätymislaajenemisen vuoksi. Tämän jääkiteen tilavuus kasvaa lämpötilan noustessa aiheuttaen pakkasrapautumista betonille. Vesi laajenee jäätyessään noin 9 tilavuusprosenttia. Myös lämmitessään ennen sulamispisteen saavuttamista vesi aiheuttaa ongelmia betonille. Kuitenkaan pelkkä jäätyminen ei ole ongelma, vaan toistuva jäätyminen ja sulaminen, mikä rasittaa rakennetta huomattavasti. Pakkasrasitukselle on olennaista, että se vaurioittaa betonia sieltä, missä se on heikoimmillaan. Yleensä rakenne kostuu en-

nen jäätymistä, mikä taas ei edesauta rakenteen säilymistä. (Pakkasrapautuminen 2010, 9)

Pakkasrapautuminen ilmenee rakenteen kaareutumisena ja pinnan säröilyinä. Säröt vaikuttavat betonin lujuuteen ja läpäisevyyteen. Rapautuminen kiihtyy, kun vedenimunosopeus kasvaa voimakkaasti säröilyn ja halkeilun lisääntyessä. Näin ollen säröt heikentävät betonin lujuutta, ja ilmiön jatkuessa betoni rapautuu. Rapautuminen heikentää betonin veto- ja puristuslujuutta sekä raudoituksen tartuntaa. (Rappauskirja 2005, 136.)

4.4.2 Pakkaskestävyyden tutkiminen

Tuotteet testataan hieman lopullisesta rakenteesta poiketen. Ensinnäkin rakenne testataan yhden muottiharkon koon verran eli julkisivupinnat kiinnitetään 600x200 mm muottiharkon alueelle. Toiseksi muottiharkko jätetään valamatta täyteen betonia normaalista poiketen. Tämä siksi, että rakenne tulee jäädytys-sulatusarkkua varten kevyemmäksi. Näin on mahdollista useamman harkon yhtäaikaista testaus, sekä betonin puuttuessa rakenteen sisältä joutuu julkisivupinnan ja muottiharkon kiinnityspinta ko-
vemmalle rasitukselle. Tämä johtuu siitä, että massiiviset rakenteet ovat vähemmän herkkiä pakkasrapautumiselle. Täten tuloksista saadaan normaaliolosuhteita rasittavampia arvoja. (Rappauskirja 2005, 135.)



Kuva 4. Vasemmalla luonnonkivellä verhoiltu muottiharkko ja oikealla rappauspinta

4.5 Vetolujuus ja vetokokeiden tekeminen

Vetokokeet soveltuvat hyvin tutkittaessa rapautuman laajuutta ja pinnoitteiden tartuntalujuutta rakenteessa. Betonin rapautuessa esimerkiksi pakkasen ja kosteuden vaiku-

tuksesta muodostuu sen pintakerrokseen ensin pinnan muotoisia mikrohalkeamia. Nämä aiheuttavat vetolujuuden heikkoutta sekä rakenteen pintojen ja pinnoitteiden pysyvyyden heikkoutta. Vetokokeen avulla rapautumiselle määritetään suuntaa-antava numeerinen arvo megapaskaleina (MPa). (Vetokoe 2010)

Vetokokeita varten täytyy timanttikoralla porata lieriönmuotoinen noin 50 mm halkaisijaltaan oleva koekappale testattavaksi. Koska vetokoje on pieni, muottiharkonkoinen näytepala ei siihen sellaisenaan sovi. Muutenkin käytännön syistä on helpompi käsitellä pienempää kappaletta.

Rapautuneessa betonissa on siis halkeamia, jotka puolestaan alentavat betonin vetolujuutta. Tämän vuoksi betonin rapautumista tutkitaan vetokokeiden avulla. Vetokoe tehdään poralieriöistä, joita on kustakin julkisivupinnasta vähintään kolme kappaletta. Näin ollen vetokoelieriöiden määrä nousi 42 kappaleeseen. Muottiharkon ja julkisivupinnan muodostama näytelieriö liimataan molemmista päistä vetokojelaitteeseen laiteettavaan teräslieriöihin. Taulukossa 1 on esitettyä vetokokeiden tartuntavetolujuusvaatimuksia.

Taulukko 1. Vetokokeiden vaatimuksia

Vetolujuus	Todennäköinen rapautumistilanne
0 Mpa	näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa
0,5 Mpa	näytteessä on jonkinlaista rapautumaa
1,5 Mpa tai yli	näytteessä ei ole merkittävää rapautumaa

Rapautumistilannetta voidaan analysoida tarkastelemalla lieriön murtotapaa. Siitä voidaan selvittää muun muassa, että onko betoni rapautumaton. Tällöin murto tapahtuu suorassa linjassa. Pitää ottaa huomioon, että alhainen vetolujuus voi johtua muustakin syystä kuin betonin rapautumisesta.

4.6 Pintakäsittelyn tutkiminen

Pintakäsittely tutkitaan pääosin silmämääräisesti. Tutkitaan pinnanmuodonmuutokset, kuten halkeilu, säröily ja kaareutuminen. Muut silmään pistävät epäkohdat rakenteen pinnalla kertovat muiden vaurioiden olemassaolosta. Silmämääräinen tutkiminen on helppo ja näytteelle tehty ensimmäinen toimenpide jäädytys-sulatusarkun jälkeen.

4.7 Tulokset ja loppupäätelmät

Kaikki Lammin Betoni Oy:n valmistamat tuotteet ovat pakkasenkestäviä, mitä valvotaan vuosittain pakkastestein. Kuitenkin kaikkeen on varauduttava ja yhteensopivuus tarkastettava, kun käytetään eri materiaaleja.

Vaatimuksia ja koetuloksia käsiteltäessä tulee muistaa, että betonin ominaisuudet sisältävät aina hajontaa. Näin ollen pakkasenkestävyyden tartuntavetokoetulokset vaihtelevat aina hieman. Silmämääräisesti ei havaittu merkittäviä pakkasrapautumisen aiheuttamia vaurioita. Ainoastaan kokeilumielellä pelkästään muottiharkkoon levitetty kiinnityslaasti (kiinnityslaastiohjeiden vastaisesti) irtosi liitoskohdasta jäädytys-sulatusarkkututkimuksen yhteydessä. Muut koekappaleet, joihin oli molemmin puolin levitetty kiinnityslaasti, eivät vastaavasti irronneet jäädytys-sulatuskokeen yhteydessä. Tämä testaus taas kertoo sen, että vain toiselle pinnalle levitetty kiinnityslaasti irtoaa ennen 50 vuoden käyttöiän saavuttamista.



Kuva 5. Murtumiskohta muottiharkon kohdalta vetokokeen jälkeen

Kiinnityslaastivalmistajien antamat omat alkuperäisarvot tartuntavetolujuudesta vaihtelevat 1,0–1,5 N/mm² välillä. Näin ollen näytteistä saadut vetolujuudet ovat hyviä ja täyttävät suurimmalta osalta yleiset vaatimukset täysin ($\geq 1,5$ MPa taulukko 1) aiheuttamatta pakkasrapaamaa. Eri kiinnityslaastituotteiden välillä oli huomattavia eroja sekä huoneenlämmössä (vertailuarvo) että pakkasessa käyneillä tuotteilla.

Kun alettiin timanttikoralla tehdä reikää kiinnityslaasti 1:een, jäädytys-sulatusarkussa olleen rakennekokonaisuuden pintamateriaali irtosi muutamasta muottiharkosta kokonaan. Niinpä saatuja arvoja on vain kaksi kappaletta, joten tiedot jäävät tältä osin vajanaiseksi. Murtokohtaa tarkasteltaessa huomataan laastipinnan murtuneen ensimmäisenä useammassa tapauksessa, joten se on rakenteen heikon kohta. Kiinnityslaasti 1:ssä on jonkin asteista pakkasrapaamaa aistittavissa vetokokeiden perusteella, koska tulokset ovat 1,0 MPa tuntumassa (taulukot 2 ja 3).

Taulukko 2. Kiinnityslaasti 1:n tartuntavetokokeen tulokset huoneenlämpötilassa

Huoneenlämpötila			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
1	1	1,217	Laastirajapinta
2	1	0,877	Laastirajapinta
3	1	0,863	Laastirajapinta
4	1	0,842	Laastirajapinta
5	1	1,221	Laastirajapinta
6	1	0,658	Laastirajapinta
7	1	1,430	Laastirajapinta
8	1	1,203	Laastirajapinta
KA		1,039	

Huoneenlämpötila			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
32	2	0,730	Laasti
33	2	1,451	Liima 100 %
34	2	0,793	Laasti
35	2	1,682	Laastirajapinta
36	2	1,092	Laasti
KA		1,150	

Taulukko 3. Kiinnityslaasti 1:n tartuntavetokokeen tulokset pakkastestin jälkeen

Pakkanen			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
10	1	1,272	Laasti
11	1	0,897	Laasti
KA		1,085	

Pakkanen			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
37	2	0,626	Laasti
38	2	1,538	Liima 100 %
39	2	0,648	Laastirajapinta
40	2	0,540	Laasti
41	2	0,433	Laasti
42	2	0,840	Laasti
KA		0,77	

Kiinnityslaasti 2:sta saadut tulokset ovat laastivalmistajan antamia arvoja paremmat. Tämä tarkoittaa sitä, että rakenteessa ei ole tapahtunut mitään rapautumiseen viittaavaa eikä suurempia eroja tulosten välillä ole havaittavissa. Murtokohtana betoni on eniten antanut periksi, joten kiinnityslaasti näyttää kestävän saatuja arvoja enemmän. Tuloksista voidaan päätellä, että rakenteessa ei ole tapahtunut pakkasrapaumaa kiinnityslaasti 2:n yhteydessä, koska tulokset lähenevät keskimäärin 2,0 MPa:n tuntumaa (taulukot 4 ja 5).

Taulukko 4. Kiinnityslaasti 2 tartuntavetokokeen tulokset huoneenlämpötilassa

Huoneenlämpötila			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
14	1	1,594	Laasti
16	1	3,472	Laasti
18	1	2,817	Betoni
19	1	1,272	Laastirajapinta
KA		2,289	

Huoneenlämpötila			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
20	2	2,596	Laasti
21	2	1,935	Betoni
22	2	2,138	Betoni
KA		2,223	

Taulukko 5. Kiinnityslaasti 2:n tartuntavetokokeen tulokset pakkastestin jälkeen

Pakkanen			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
28	2	1,646	Betoni
30	2	1,274	Betoni
31	2	1,794	Betoni
	KA	1,571	

Pakkanen			
Merkintä	Kivi	Vetolujuus [kN]	Murtokohta
24	2	3,083	Betoni
25	2	1,633	Betoni
26	2	1,894	Betoni
27	2	2,525	Betoni
	KA	2,284	

Tutkimuksessa mukana ollut rappauslaasti kesti myös hyvin jäädytys-sulatuskokeen tuomat rasitukset. Silmiinpistävää muodonmuutosta pinnalla ei näkynyt verrattuna huoneenlämmössä olleeseen vertailunäytteeseen (kuva 6). Vetokokeita rappauslaastin ja muottiharkon kiinnityspinnasta ei otettu.



Kuva 6. Muottiharkko rappauspinnalla jäädytys-sulatuskokeen jälkeen

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Työn tekeminen ja ongelmat

Suunnitteluohjeen laadinta oli mielenkiintoinen ja aluksi ajattelemaani laajempi ja näin ollen myös vaativampi tehtävä. Yhteistyö kohteen eri osapuolten kanssa oli tärkeää, muun muassa yhteinen palaveri helmikuun alussa, jossa sain myyntihenkilöiltä heidän näkemyksensä ko. ohjeesta. Näin suunnitteluohjeen edetessä tuli lisäperspektiiviä sen sisältöön.

Työn tekemisessä hankalin vaihe oli tietojen kerääminen ja työläin kaavojen kirjoittaminen ohjeluotoon sekä tämän raportin laatiminen. Työtä hankaloitti sekin, että koska tuote on uusi, ei ole vertailukohtia samantyyppisistä tuotteista. Haasteellisuutta lisäsi myös laboratoriotutkimukset ja muiden yritysten saaminen mukaan yhteistyöhön.

5.2 Tavoitteiden toteutuminen

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Projekti tosin supistui työn edetessä. Työohjeen tekeminen jäi tästä projektista kokonaan pois, koska laajuus olisi täten kasvanut suhteetoman suureksi. Sen teen yritykselle mitä ilmeisimmin myöhemmin, joten sitä ei liitetä mukaan tähän opinnäytetyöhön. Tekemäni LammiAidan suunnitteluohje on tehty tukemaan ja antamaan pohjaa tämän tuotekokonaisuuden suunnittelulle.

5.3 Johtopäätökset

Yritystoiminnan kehittäminen perustuu markkinointiin sekä tuote- ja palvelukehitykseen. Tuloksena tästä opinnäytetyöstä Lammin Betoni Oy pystyy hyödyntämään LammiAita suunnitteluohjeen sisältöä tuotekokonaisuuden markkinoimisessa.

Laadunvarmistus on erittäin tärkeä osa rakentamisessa. Hyvällä suunnittelulla ja työn toteutuksella pystytään tuottamaan sovittua laatua häiriömahdollisuuksista huolimatta. Tämän työn yhteydessä tehdyt laboratoriotutkimukset onnistuivat hyvin ja antavat viitteitä tuotekokonaisuuden kestävydestä ja laadusta.

LÄHTEET

Betoninormit 2004 by 50. Suomen Betoniyhdistys. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

CEN/ISO standardi 13793. 2001. Thermal Performance of Buildings.

Jääskeläinen, R. Rantamäki, M. Tammirinne, M. 2006. Geotekniikka 464. Helsinki: Otatieto Oy.

Lammin Betoni Oy:n konserni 2010. Saatavissa:
<http://www.lamminbetoni.fi/portal/fi/konserni/> [Viitattu 27.10.2009].

Lammin Betoni Oy:n tuoteselostukset 2010. Saatavissa:
<http://www.lamminbetoni.fi/portal/fi/tuotteet/> [Viitattu 27.10.2009].

Pakkasrapautuminen. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2047.pdf>
[Viitattu 13.3.2010].

Rakennusperintö, Luonnonkivi. Saatavissa:
http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Rakennusmateriaaleja/fi_FI/Luonnonkivi/ [Viitattu 27.10.2009].

RakMK B1 Suomen rakennusmääräyskokoelma Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, Määräykset 1998. Ympäristöministeriö 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RakMK B4 Suomen rakennusmääräyskokoelma Betonirakenteet, Ohjeet 2005. Ympäristöministeriö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RakMK B9 Suomen rakennusmääräyskokoelma Betoniharkkorakenteet, Ohjeet 1993. Ympäristöministeriö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RakMK F2 Suomen rakennusmääräyskokoelma Rakennuksen käyttöturvallisuus, Määräykset ja ohjeet 2001. Ympäristöministeriö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rantamäki, M. Tammirinne, M. 2006. Pohjarakennus 465. Helsinki: Otatieto Oy.

Rappauskirja 2005 by 46. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: Nykypaino Oy.

RIL 121–2004, Pohjarakennusohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

SFS 5447. 1988. Betoni. Säilyvyys. Jäädytys-sulatuskestävyys.

Thermisol kylmän rakenteen routasuojaus. Saatavissa:

<http://www.thermisol.fi/?op=body&id=44> [Viitattu 15.3.2010].

Thermisol routasuojauksen laskentaohjelma. Saatavissa:

<http://www.mittaviiva.fi/thermisol/> [Viitattu 15.3.2010].

Vetokoe. Saatavissa: <http://www.ositum.fi/index.php?p=Vetolujuus> [Viitattu 15.3.2010]

SUUNNITTELUOHJEET

LammiAita



Sisällysluettelo

1. LAMMIAIDAN RAKENNE JA OMINAISUUDET	3
2. KÄYTTÖKOHTEET	3
3. LASKENTAOTAKSUMAT	3
3.1 Yleiset suunnitteluperusteet	3
3.2 Materiaalien ominaisuudet ja laskentalujuudet	4
3.3 Routaeristäminen	6
3.3.1 Yleistä	6
3.3.2 Routasuojauksen mitoitus	7
3.4 Maanpaine	7
3.4.1 Anturan taivutus- ja leikkauskestävyys	10
3.4.2 Rakenteen kaatuminen ja liukuminen	10
3.4.3 Muurin kestävyys maanpaineelle	11
3.5 Minimiraudoitus	12
3.6 Mitoitustaulukoita	13
4. MITTAJÄRJESTELMÄ	15
5. MATERIAALIT JA LASKENTALUJUUDET	17
5.1 Muottiharkko	17
5.2 Pilarit	17
5.3 Kaidejärjestelmä	17
5.4 Pintavaihtoehdot	17
6. PUTOAMISSUOJA	17

1. LAMMIAIDAN RAKENNE JA OMINAISUUDET

LammiAita muodostuu anturasta, ladottavista muottiharkoista ja kaideosasta. Julkisivupintana voidaan käyttää luonnonkivi- tai rappauspintaa. LammiAita kokonaisuuden alamuuriosassa käytetään muottiharkkoa, joka on leveydeltään 200 mm (MH200). Pilarina voidaan käyttää 250 mm (PH250) tai vastaavasti 400 mm (PH400) leveää muottiharkkoa korostamaan aidan ulkonäköä. Muottiharkon päälle asetetaan päällyskivi viimeistelemään kokonaisuus.

Muottiharkot on valmistettu pakkasenkestävästä, maakosteasta betonimassasta. Betonimassan lujuusluokka on 30 MN/m^2 , josta harkot valmistetaan.

Tuotekokonaisuuden täydentää pilarien väliin ja muottiharkkoaidan päälle tuleva metalli- tai vaihtoehtoisesti puukaide, joka sopii erityisesti puutalojen yhteyteen.

LammiAidan ominaisuudet:

- betonisuositus: K35-2, 0-16, S3, (XC3)
- kaide-elementti
 - pituudet 580 mm, 1180 mm ja 2380 mm
 - korkeus 850 mm
- muottiharkko MH200
 - koko 600x200x200
 - menekki $8,33 \text{ kpl/m}^2$

- paino 21 kg/kpl
- betonin menekki 115 l/m
- betonin Max raekoko 8...16 mm
- pilariharkko PH250
 - koko 250x250x200
 - menekki 5 kpl/m
 - paino 13 kg
 - betonin menekki 36 l/jm
- pilariharkko PH400
 - koko 400x400x200
 - menekki 5 kpl/m
 - paino 26 kg
 - betonin menekki 110 l/jm

2. KÄYTTÖKOHTEET

LammiAita on tarkoitettu pihamaata koristamaan tai toimimaan tukimuurina. Tukimuurina aita soveltuu hyvin esimerkiksi silloin, kun pihamaa on korkeammalla kuin katutaso.

3. LASKENTAOTAKSUMAT

3.1 Yleiset suunnitteluperusteet

Rakenteet suunnitellaan sekä murto- että käyttörajatilat huomioonottaen. Harkkomuuri mitoitetaan erikseen sekä vaaka- että pystykuormille sekä niiden samanaikaiselle yhteisvaikutukselle. Tosin ko. rakenteelle ei pystykuormia tule kuin omanpainon (pitkäaikainen kuorma) sekä lumikuorman (lyhytaikainen kuorma) verran. Riippuen toimiiko rakenne myös tukimuurina, tarkastellaan vaakakuor-

vaakakuormatkin tarkemmin sekä rannikolla vaikuttavaksi tulee myös tuulikuorma.

Perustamistavan valintaan vaikuttavat useat eri tekijät, kuten korkeusasema, maaston korkeussuhteet, maapohja ja sen kantavuus sekä kokoonpuristuvuus (jäykkyys), kantavan kerroksen sijainti, pohjavedenpinnankorkeus, yms. rakennuspaikkaan liittyvät asiat.

Rakenteen mitoituksessa noudatetaan:

- RakMK B1 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset
- RakMK B4 Betonirakenteet
- RakMK B9 Harkkorakenteet

Tai vaihtoehtoisesti:

- Eurokoodi 1 Rakenteiden kuormat (SFS-EN 1991)
- Eurokoodi 6 Muurattujen rakenteiden suunnittelu (SFS-EN 1996)
- Eurokoodi 7 Geotekninen suunnittelu (SFS-EN 1997)

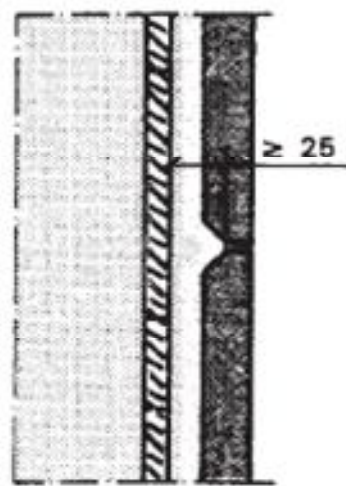
Tässä suunnitteluohjeessa on käytetty RakMK mitoitusohjeita.

Suunnittelijan on otettava huomioon myös betonin ja muottiharkkojen säilyvyys sekä raudoituksen korroosionsuojaus. Näin saavutetaan rakenteelle haluttu 50 vuoden käyttöikä.

3.2 Materiaalien ominaisuudet ja laskentalujuudet

Rakenteen anturat vaativat laskelmien tekemistä, koska alamuurin korkeus ja maanpaine ovat kohdekohtaisia. Vaivattomimmin se hoi-
tuu Lammi-perustuksen anturamuotin avulla. Lisätietoa saa Internet-sivulta osoitteesta <http://www.lammi-perustus.fi/>.

Muottiharkkoseinä voidaan raudoittaa vaakasekä pystysuuntaan. Vaakateräkset asennetaan kerroksittain harkossa olevaan uraan kutistusta vastaanottamaan. Pystyteräkset asetetaan mahdollisimman lähelle rakenteen ulkopintoja. Terästen sijoittelussa on huomioitava betonipeite, joka määräytyy RakMK B4 taulukko 4.2 sekä lisäksi alla olevan kuvan 1 vaatimusten mukaisesti.



Kuva 1. Pysty- ja vaakatankojen sijoittaminen rakenteeseen

Betonin ja raudoituksen lujuusarvot on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Lisäksi tukimuurin takana olevan täyttömaan sekä anturan alla olevan ja perusmaan ominaisuudet löytyvät taulukosta 3.

LammiAita voidaan tehdä

- valamalla muottiharkot täyteen tai vastaavasti
- ei-valettavana noin 2 metriä korkeana rakenteena. Tällöin kiinnitys tapahtuu vain muottiharkkojen väliin tulevalla kiinnityslaastilla. (HUOM. Tämä ratkaisu ei sovellu maanpaineiseksi)

Taulukko 1. Betonin lujuusarvot

Betonin lujuusluokka		
harkko		K30-2 (C25/30)
paikallavalubetoni		K35-2 (C25/30)
Puristuslujuus		
ominaislujuus	$f_{ck} = 0,6 \cdot K$	21,0 [MN/m ²]
laskentalujuus	f_{cd}	10,5 [MN/m ²]
Vetolujuus		
ominaislujuus	$f_{ctk} = \alpha \cdot K^{2/3}$	1,60 MPa
laskentalujuus	f_{ctd}	0,80 MPa
Kimmokerroin	$E_c = 5000 \cdot k \cdot K$	27400 MPa
Varmuuserroin	H	2,0
Taulukon merkinnät:		
K = betonin nimellislujuus [MN/m ²]		
α = kerroin (tavallisesti käytetään 0,15 RakMK B9)		
k = kerroin (normaalibetonille =1)		

Taulukko 2. Raudoituksen lujuusarvot

Raudoitus		A 500 HW
Ominaislujuus	f_{yk}	500 Mpa
Laskentalujuus	f_{yd}	417 Mpa
Kimmokerroin	E_s	200000 Mpa
Varmuuserroin	γ_s	1,2

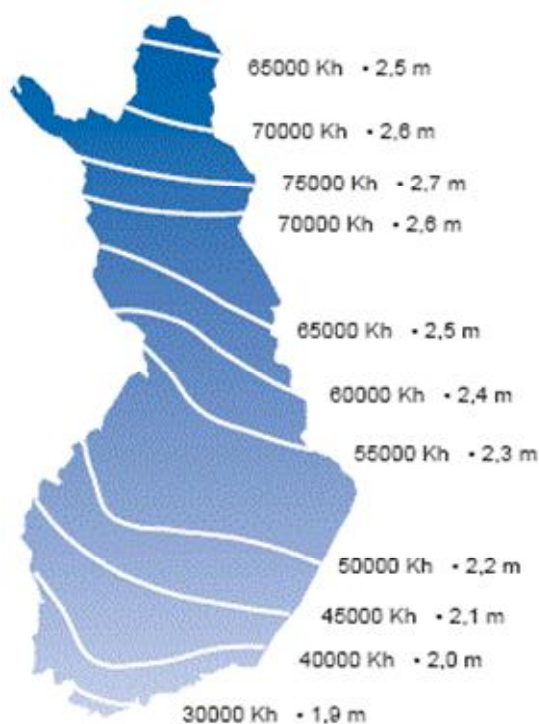
Taulukko 3. Täyttömaan ja perusmaan ominaisuudet

Täyttömaa
Hiekka tai sora
Kitkakulma 35°
Tilavuuspaino $\gamma_{maa} = 19 \text{ kN/m}^3$
Perusmaa
Hiekka
Sallittu pohjapaine $\gamma_{sall} \geq 100 \text{ kN/m}^2$
Pintakuorma $q = 1,5 \dots 2,5 \text{ kN/m}^2$

3.3 Routaeristäminen

3.3.1 Yleistä

Perustukset ovat rakenteena rakennuksen tärkein osa. Siksi perustukset toteutetaan niin, ettei jäätymisrintama ulotu pakkaskauden aikana anturoiden alapinnan tasolle. Tukimuurin täyttöaineksen tulee olla routimatonta, jotta taustatäytön jäätyminen ei aiheuttaisi muuriin routapainetta. Oheisesta kuvasta 2 nähdään, miten syvällä Suomessa routa vaikuttaa. Näin ollen näissä maastoissa käytännössä lähes aina tarvitaan routaeristettä.



Kuva 2. Suomessa esiintyvä roudan syvyys ja pakkasmäärät kerran 50 vuodessa toistuvana

Tämä ko. rakenne luokitellaan kylmäksi rakenteeksi. Anturan alle tulevan rakenteen rat-

kaisee perusmaan routivuus. Soraa tarvitaan vähintään 200–500 mm. Perusmaan ollessa erittäin routivaa, perustusten alle kannattaa laittaa puristusta kestävä eristelevy, mikä on yleisesti aina suositeltavaa Suomen olosuhteissa. Routaeristykseen mitoitetaan tapahtuu CEN/ISO standardin 13793 mukaisesti.

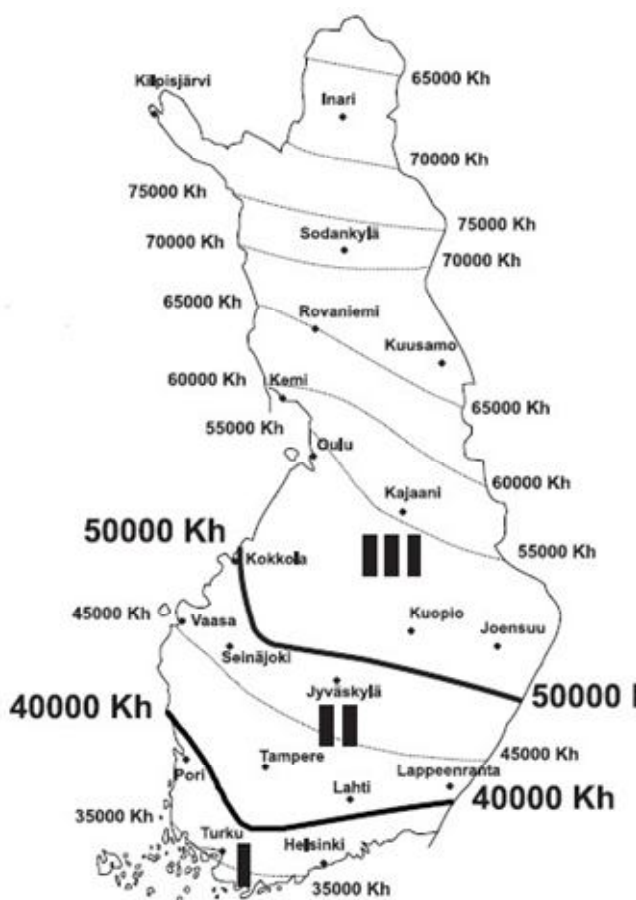
Eristysmäärään vaikuttaa ilmasto-olosuhteen (paikkakunnan) lisäksi myös perustamissyvyys, mikä lisää rakenteen varmuutta. Routaeriste sijoitetaan anturan alle sekä riittävän leveälle alueelle rakenteen ulkopuolelle. Laitetaan vähintään 500 mm anturan molemmille puolille, riippuen paikkakunnasta. Rakenteen varmistamiseksi suositeltavaa on kuitenkin pistää huomattavasti enemmän. On myös syytä huomioda, että perustuksen alle tuleva eristelevyn puristuslujuuden on oltava riittävän suuri, jotta vältetään rakenteen haitalliset painumat ja muut vauriot. Routasuojaus tulee mitoittaa kerran 50 vuodessa esiintyvän pakkasmäärän mukaan. Näin routasuojauksesta tulee riittävän paksu kestävä rasitukset.

Tukimuurin taustan täyttöaineksen tulee olla myös routimatonta, jotta ei muuriin aiheutuisi routapainetta. Vedenpainetta ei yleensä mitoiteta tukimuurissa. Siksi tukimuurin taustatäyttö on tehtävä vettäläpäiseväksi sekä lisäksi tukimuurin alaosaan tehdään aukkoja mahdollista veden poistumista varten. Tarvittaessa on varmistettava rakenteen toimivuus salaojituksella.

3.3.2 Routasuojauksen mitoitus

Routasuojauksen paksuuden pystyy itse helposti myös laskemaan ThermiSolin laskentaohjelmalla. Kyseinen ohjelma löytyy Thermisolin Internet-sivulta osoitteesta <http://www.mittaviiva.fi/thermisol/>.

Suomi on jaettu pakkasmäärävyöhykkeisiin, jotka näkyvät kuvassa 3. Kun kyseessä on rakenne, joka ei saa vaurioitua roudan liikkeistä, käytetään pakkasmäärinä kuvan 3 arvoja. Pakkasmäärävyöhykkeet on esitettyä I-, II-, ja III-vyöhykkeellä.



Kuva 3. Routasuojauksen ilmastovyöhykkeet.

Kylmien rakenteiden routaeristysten lämmönvastus ($\text{m}^2\text{K/W}$) määritetään taulukon 4 avulla.

Taulukko 4. Kylmän rakenteen perustuksen routaeristeeltä vaadittava lämmönvastus

Routaeristeen alla oleva routimaton maakerros	Routaeristeen lämmönvastus ($\text{m}^2\text{K/W}$)		
	Ilmastovyöhyke		
	I	II	III
0,2 m	2,8	(4,5)	*)
0,4 m	2,2	3,8	*)
0,6 m	1,6	2,9	(5,0)
0,8 m	1,3	2,2	3,8
1,0 m	1,0	1,7	2,8

*) perustamissyvyyttä suurennettava
Yleensä perustamissyvyyden suurentaminen kannattavampaa

3.4 Maanpaine

Maanpaineella tarkoitetaan maamassan oman tilavuuspainon tai ulkoisen kuormituksen synnyttämää painetta maassa. Ulkoisena kuormituksena voidaan pitää maan päällä olevaa pintakuormaa. Maanpaine kuormista lisää löytyy RakMK B9 kohdasta 3.2.2. Mikäli aita toimii myös tukimuurina tukemassa maata, tulee ottaa huomioon maanpaine. Maanpaineeseen tehdään pelkillä muottiharjoilla yhtenäiseksi rakenteeksi, jolloin pilarit tehdään tukimuurin päälle terästolpista aita-elementin mukaisesti.

Tässä tapauksessa, koska rakenne on siirtymätön (liikkumaton), vaikuttaa maanpaine

tukirakenteeseen lepopaineena ja merkitään symbolilla p_o [MN/m²]. Lepopaineen oletetaan vaikuttavan vaakasuoraan. Lepopaineekerroin saadaan yhtälöstä 1.

$$K_o = 1 - \sin \varphi \quad (1)$$

φ = maan sisäinen kitkakulma

Kuvan 4 tapauksen lepopaineen suuruus lasketaan kaavasta (2).

$$p_o = K_o (\gamma z + q) \quad (2)$$

missä

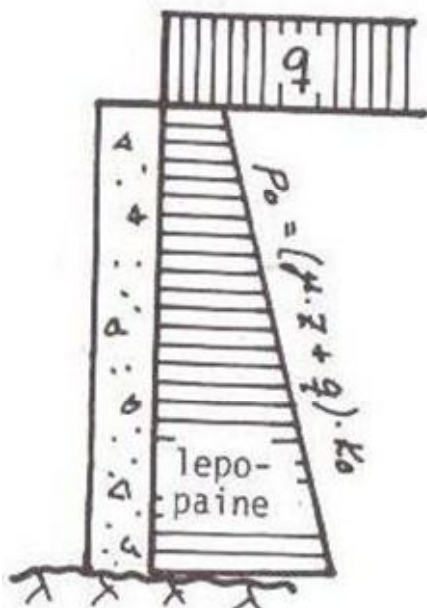
K_o = lepopainekerroin

p_o = lepopaine syvyydestä

γ = maan tilavuuspaino

z = rakenteen korkeus

q = tasainen pintakuorma maanpinnalla



Kuva 4. Lepopainejakautuma tasaisesta pintakuormasta ja maan omasta painosta.

Mikäli maanpinta on kalteva tukimuurin takana, käytetään maanpainelukuna $K_{o\beta}$ kaavasta (3).

$$K_{o\beta} = K_o (1 + \sin \beta) \quad (3)$$

β = maanpinnan kaltevuuskulma vaakatasoon nähden

Tällöin lepopaineen suuruus lasketaan kaavasta (4) ja tapaus on kuvan 5 kaltainen.

$$p_o = (\gamma z + q)(1 + \sin \beta) K_o \quad (4)$$

missä

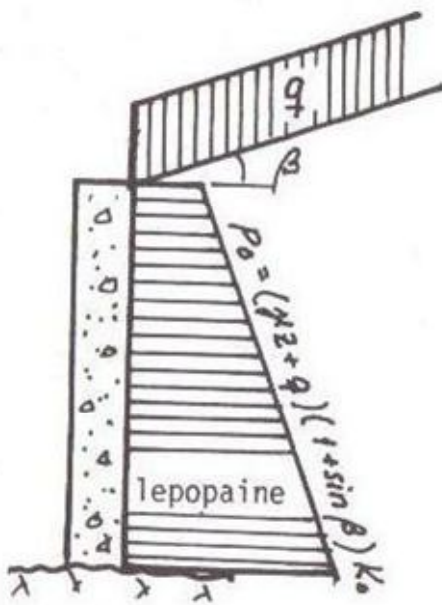
p_o = lepopaine syvyydestä

γ = maan tilavuuspaino

z = rakenteen korkeus

q = tasainen pintakuorma maanpinnalla

β = maanpinnan kaltevuuskulma vaakatasoon nähden



Kuva 5. Lepopaine maanpinnan ollessa kalteva.

Koheesiomaassa sisäinen kitkakulma $\gamma = 0$, koska seinäkitkakulmaa ei muodostu seinän ja maan välille. Tällöin lepopaineen maanpaineneluku $K_o = 1 - \sin 0 = 1$. Tämä yksinkertaistaa tekijän $K_o = 1$ jäädessä täten tarpeettomaksi.

Lepopainetta on myös kokeellisesti tutkittu. Maanpaineneluku riippuu maan laadusta ja tiiveydestä. Yleisesti näiden mittausten perusteella voidaan sanoa, että kitkamaassa (routimaton maa-aines) maanpaineneluku K_o liikkuu $0,4 \dots 0,6$ ja koheesiomaassa $0,5 \dots 0,7$ välissä.

Maanpaine aiheuttaa rakenteeseen taivutusta. Taivutusmomenttia laskettaessa anturalle ja tukimuurille, maanpainolle käytetään osavarmuuskerrointa $\gamma_g = 1,2$ (pysyvä kuorma) ja pintakuormalle $\gamma_q = 1,6$ (muuttuva kuorma).

Pohjarakennusohjeet löytyvät RIL 121–2004 taulukosta 6.

Kaatumisvarmuutta tarkasteltaessa käytetään varmuuskerrointa 1,5 takaamaan rakenteelle riittävä kokonaisvarmuus.

Maanpaine kuorma tukimuurin yläreunassa lasketaan kaavasta (5).

$$\rho_1 = k_a \times q \quad (5)$$

missä

k_a = maanpaine kertoimen ominaisarvo

q = pintakuorma

Vastaavasti maanpaine kuorma tukimuurin alareunassa sekä anturan yläreunassa saadaan kaavasta (6).

$$\rho_1 + \rho_2 = k_a \times q + k_a \times \rho_{\text{maa}} \times H_{\text{täyttö}} \quad (6)$$

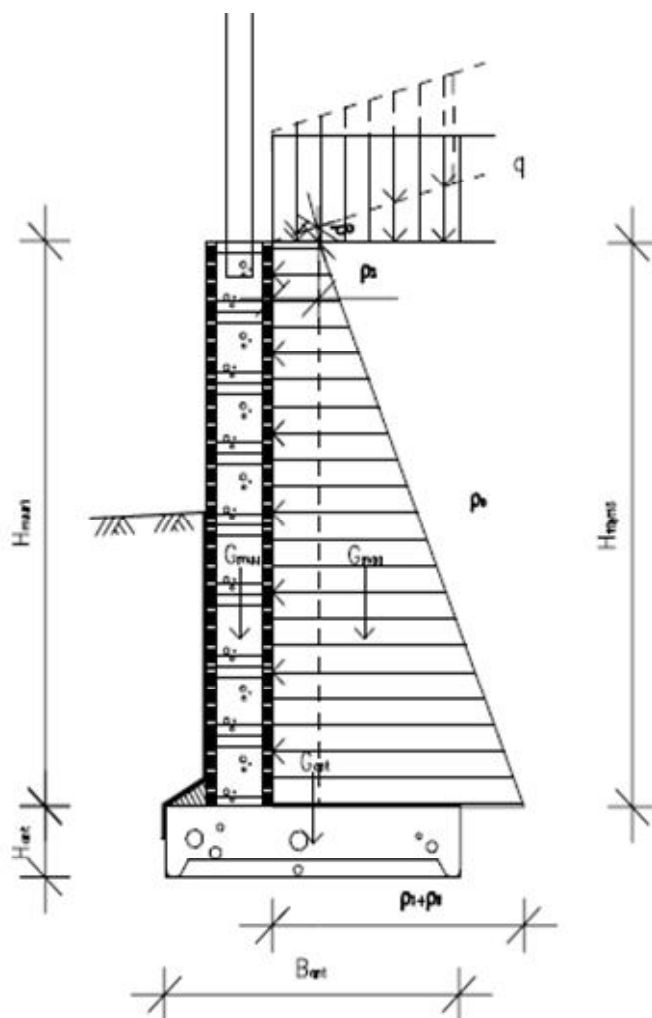
missä

ρ_1 = maan painosta aiheutuva maanpaineen laskenta-arvo

ρ_2 = pintakuormasta ja koheesiomaassa aiheutuva maanpaineen laskenta-arvo

ρ_{maa} = maan tiheys

$H_{\text{täyttö}}$ = täyttök korkeus



Kuva 6. Maanpaineen aiheuttamat kuormat ja mittakäsitteitä.

Rakenteen toiminnan kannalta mitoittavat kohdat ovat:

- Anturan taivutuskestävyys anturan päällä olevasta maanpaineesta, mikä lasketaan muurin ja anturan liitoskohdassa
- Rakenteen kaatuminen ja liukuminen vaakasuuntaisesta maanpaineesta
- Muurin kestävyys vaakasuuntaiselle maanpaineelle

3.4.1 Anturan taivutus- ja leikkauskestävyys

Anturan päällä oleva maan paino otetaan huomioon anturan taivutus- ja leikkauskestävyyttä laskettaessa. Maan päälle oletetaan pintakuormaksi $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Osavarmuuskertoimet ovat $\gamma_g = 1,2$ (pysyvä kuorma) ja pintakuormalle $\gamma_q = 1,6$ (muuttuva kuorma). Mitoittava taivutusmomentti seinän takapinnassa saadaan kaavasta (7).

$$M_d = (\gamma_g \times \rho_{\text{maa}} \times H_{\text{täyttö}} + \gamma_q \times q) \times \frac{(b_{\text{ant}} - h_s)^2}{2} \quad (7)$$

Mitoittava leikkausvoima on d_{ant} etäisyydellä seinästä, mikä saadaan kaavasta (8). Leikkauskestävyys lasketaan RakMK B4 mukaisesti.

$$V_d = (\gamma_g \times \rho_{\text{maa}} \times H_{\text{täyttö}} + \gamma_q \times q) \times (b_{\text{ant}} - h_s - d_{\text{ant}}) \quad (8)$$

3.4.2 Rakenteen kaatuminen ja liukuminen

Anturan alapinnan tasossa oleva taivutusmomentti pyrkii kaatamaan rakennetta maanpaineen aiheuttamasta pohjapaineen resultantin vaakapisteen ympäri.

Momentteja aiheuttaa rakenteeseen kaatava momentti M_{kaat} sekä anturan päällä olevan maan painon momentti M_{pyst} vaikutuspisteen suhteen. Kaatumisen kokonaisvarmuus on vähintään 1,5. Tällöin ehtona on kaava (9). On kuitenkin huomattava, että momentit lasketaan ominaisarvojen perusteella, jolloin osavarmuuskertoimia ei oteta huomioon.

$$M_{\text{pyst}} \geq 1,5 \times M_{\text{kaat}} \quad (9)$$

Pohjapaineen vaikutuspisteen suhteen rakennetta kaatava momentti kaavasta (10).

$$M_{\text{kaat}} = \rho_{1k} \times \frac{(H_{\text{täyttö}} + H_{\text{ant}})^2}{2} + \rho_{2k} \times \frac{(H_{\text{täyttö}} + H_{\text{ant}})^2}{6} \quad (10)$$

Vastaavasti pohjapaineen vaikutuspisteen suhteen rakennetta pystyssä pitävä momentti saadaan kaavasta (11).

$$M_{\text{pyst}} = G_{\text{muu}} \times e_{\text{muu}} + G_{\text{ant}} \times e_{\text{ant}} + G_{\text{maa}} \times e_{\text{maa}} \quad (11)$$

missä

G_{muu} = tukimuurin paino

$e_{\text{muu}} = \frac{h_s - x}{2}$, seinän painon resultantti

G_{ant} = anturan paino

$e_{\text{ant}} = \frac{b_{\text{ant}} - x}{2}$, anturan painon resultantti

G_{maa} = anturan päällä oleva maan paino

$e_{\text{maa}} = \frac{b_{\text{ant}} + h_s}{2}$, maan painon resultantti

Pohjapainetta N_g syntyy pystykuormista.

Kuormien jakautumispituus anturan leveys-suunnassa saadaan kaavasta (12).

$$x = \frac{G_{\text{muu}} + G_{\text{ant}} + G_{\text{maa}}}{\rho_{\text{sall}}} \quad (12)$$

missä ρ_{sall} on maaperän sallittu pohjapaine.

Liukumisvarmuustarkastelulla osoitetaan, että rakenteella on riittävä varmuus liukumista vastaan. Riittävä varmuus saavutetaan, kun kitkakertoimella kerrottujen pystykuormien summa on vähintään 1,5-kertainen vaakuormiin nähden kaava (13).

$$F_{\text{kitka}} \geq 1,5 \times F_{\text{mpaine}} \quad (13)$$

Anturan ja maan välinen kitkavoima saadaan kaavasta (14).

$$F_{\text{kitka}} = \mu \times (G_{\text{muu}} + G_{\text{ant}} + G_{\text{maa}}) \quad (14)$$

μ = kitkakerroin anturan ja maan välillä (0,5)

Maanpaineen resultantti voidaan laskea kaavasta (15),

$$F_{\text{mpaine}} = \rho_{1k} \times (H_{\text{täyttö}} + H_{\text{ant}}) + \rho_{2k} \times \frac{(H_{\text{täyttö}} + 2 \times H_{\text{ant}})}{2} \quad (15)$$

3.4.3 Muurin kestävyys maanpaineelle

Vaakasuuntaiselle maanpaineelle kestävyys lasketaan anturan ja muurin liitoskohdassa. Muurin alareunaan syntyvä momentti lasketaan kaavasta (16).

$$M_{d1} = \rho_{1d} \times \frac{H_{\text{täyttö}}^2}{2} + \rho_{2d} \times \frac{H_{\text{täyttö}}^2}{6} \quad (16)$$

Muurin puristuskestävyys kaavasta (17).

$$N_{uc} = b \times h_s \times f_{cd} \quad (17)$$

Muurin raudoituksen vetovoima (18).

$$N_s = A_s \times \sigma_s \leq A_s \times f_{yd} \quad (18)$$

missä

A_s = teräsmäärä (vetoraidoituksen poikkileikkausala) [mm²/m]

$$\sigma_s = \frac{4 \times k_b \times f_{ctd} \times l_b}{\phi} \leq f_{yd}$$

k_b = tartuntakerroin harjateräkselle (1,7)

l_b = ankkurointipituus

f_{yd} = raudoituksen laskentalujuus (ks. taulukko 2)

f_{ctd} = betonin laskentalujuus (ks. taulukko 1)

ϕ = terästangon halkaisija

Taivutuskapasiteetti muurin alareunassa saadaan täten kaavasta (19).

$$M_{u1} = \gamma_g \times G_s \times \frac{h_{ef}}{2} \times \left(1 - \frac{\gamma_g \times G_s + N_s}{N_{uc}}\right) + N_s \times \frac{h_{ef}}{2} \times \left(2 \times \frac{d}{h_{ef}} - \frac{\gamma_g \times G_s + N_s}{N_{uc}}\right) \quad (19)$$

missä

$\gamma = 0,9$ (omalle painolle käytettävä varmuuskerroin)

h_{ef} = muurin tehollinen paksuus

d = muurin poikkileikkauksen tehollinen korkeus

Leikkausvoima saadaan kaavasta (20). Se saadaan d :n etäisyydeltä muurin alareunasta.

$$V_{d1} = \rho_{1d} \times (H_{täyttö} - d) + \rho_{2d} \times \left(\frac{H_{täyttö} - d}{2}\right) \quad (20)$$

Muurin leikkauskapasiteetti lasketaan kaavasta (21). Kaava löytyy RakMK B9 sovelletusti.

$$V_{d1} = 0,3 \times (0,9 \times G_s + N_s) \quad (21)$$

Halkeaman leveys momentille käyttötilassa (ilman varmuuskertoimia) muurissa saadaan kaavasta (22).

$$M_{k1} = \rho_{1k} \times \frac{H_{täyttö}^2}{2} + \rho_{2k} \times \frac{H_{täyttö}^2}{6} \quad (22)$$

Halkeaman ominaisleveys lasketaan kaavasta (23). Se tulee RakMK B4 mukaan.

$$w_k = \frac{M_{k1}}{z \times E_s \times A_s} \times s_r \quad (23)$$

missä

E_s = raudoituksen kimmokerroin (ks. taulukko 2)

s_r = harjateräksen tankoväli

Halkeaman ominaisleveys $w_k \leq 0,3$ mm.

Raudoituksen sallittu jännitys saadaan kaavasta (24).

$$\sigma_s = \frac{M_{k1}}{z \times A_s} \leq \sigma_{s,sall} \quad (24)$$

3.5 Minimiraudoitus

Maanpaineisinä lasketaan kahteen suuntaan raudoitettuna. Pystyraudoituksena käytetään anturasta nousevia pystyhakoja. Oheisesta taulukosta 5 nähdään vähimmäisraudoituksen määrät MH200 muottiharkolle. Raudoituksen teräslaatuina käytetään A500 HW.

Taulukko 5. Vähimmäisraudoituksia.

		MH-200
Vaakakuormitettu, raudoitettu seinä	$A_{smin} (mm^2/m) \geq$	200
	Pystyraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\varnothing 8$ k 200 252
	Vaakaraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\varnothing 10$ k 400 252
Pystykuormitettu, vetoraudoitettu seinä	$A_{smin} (mm^2/m) \geq$	133
	Pystyraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\varnothing 8$ k 200 252
Kutistumasta, aiheutuvan halkeilun rajoittamiseksi	Vaakaraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\varnothing 8$ k 400 mol. pinn. 126 + 126

3.6 Mitoitustaulukoita

Nämä arvot ovat ohjeellisia. Rakennesuunnittelija määrää tarkemmat arvot kohdekohtaisesti.

Taulukko 6. Valettavan LammiAidan raudoitus (A500 HW),

Muurin korkeus H [mm]	Antura K25			Pohjapaine r [kN/m²]
	Korkeus H_{ant} [mm]	Leveys B_{ant} [mm]	Raudoitus alapinta	
400	200	400	3 ϕ 8	20
600	200	500	3 ϕ 8	23
800	200	500	3 ϕ 8	26
1000	200	600	3 ϕ 8	30
1200	200	700	3 ϕ 8	34
1400	200	700	3 ϕ 8	38
1600	200	800	3 ϕ 8	43
1800	200	900	3 ϕ 8	47
2000	200	1000	3 ϕ 8	52

Täyttökorkeus H [mm]	Muuri			Pilari
	Tartunnat anturasta	Raudoitus vaaka	Raudoitus maanpaine- nä vaaka + pysty	Raudoitus
400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 8 k300	2 ϕ 8
600	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 8 k300	2 ϕ 8
800	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 8 k300	4 ϕ 8
1000	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 10 k300	4 ϕ 8 + Haat ϕ 6 k200
1200	2 ϕ 10 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 10 k300	4 ϕ 8 + Haat ϕ 6 k200
1400	2 ϕ 10 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 10 k300	4 ϕ 8 + Haat ϕ 6 k200
1600	2 ϕ 12 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 12 k300	4 ϕ 10 + Haat ϕ 6 k200
1800	2 ϕ 12 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 12 k300	4 ϕ 10 + Haat ϕ 6 k200
2000	2 ϕ 12 k400	2 ϕ 8 k400	2 ϕ 8 k400 + 2 ϕ 12 k300	4 ϕ 10 + Haat ϕ 6 k200

4. MITTAJÄRJESTELMÄ

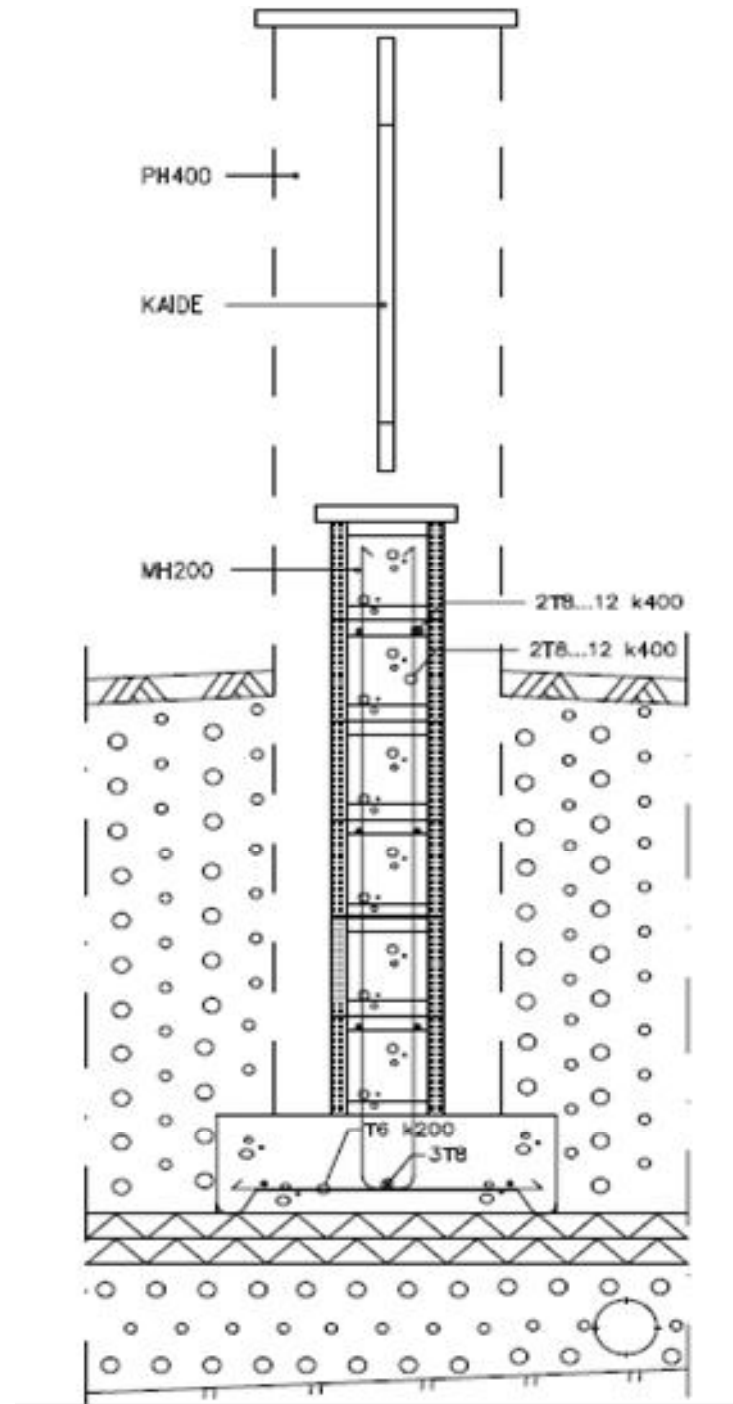
LammiAita-suunnittelussa käytetään moduulimitoitusta. Aitajärjestelmä ja muottiharkkojen koko määräävät yhdessä järjestelmän mitamaailman. Valittavana on 580 mm, 1180 mm ja 2380 mm aitaelementit. Aitaelementit asennetaan kiinnityslaippojen varaan 2x5 mm. Näin ollen kiinnitysvaraksi jää 10 mm sekä kannatintapin säätövara.

Alamuurimitoitus tehdään muottiharkkomittojen mukaisesti. Alamuurin muottiharkkojen mitat voivat olla eri aitaelementeillä 2000 mm, 800 mm ja 200 mm muottiharkon reunasta reunaan. Nämä mitat sisältävät kaikki kulmat kaikilla verhoilukivillä.

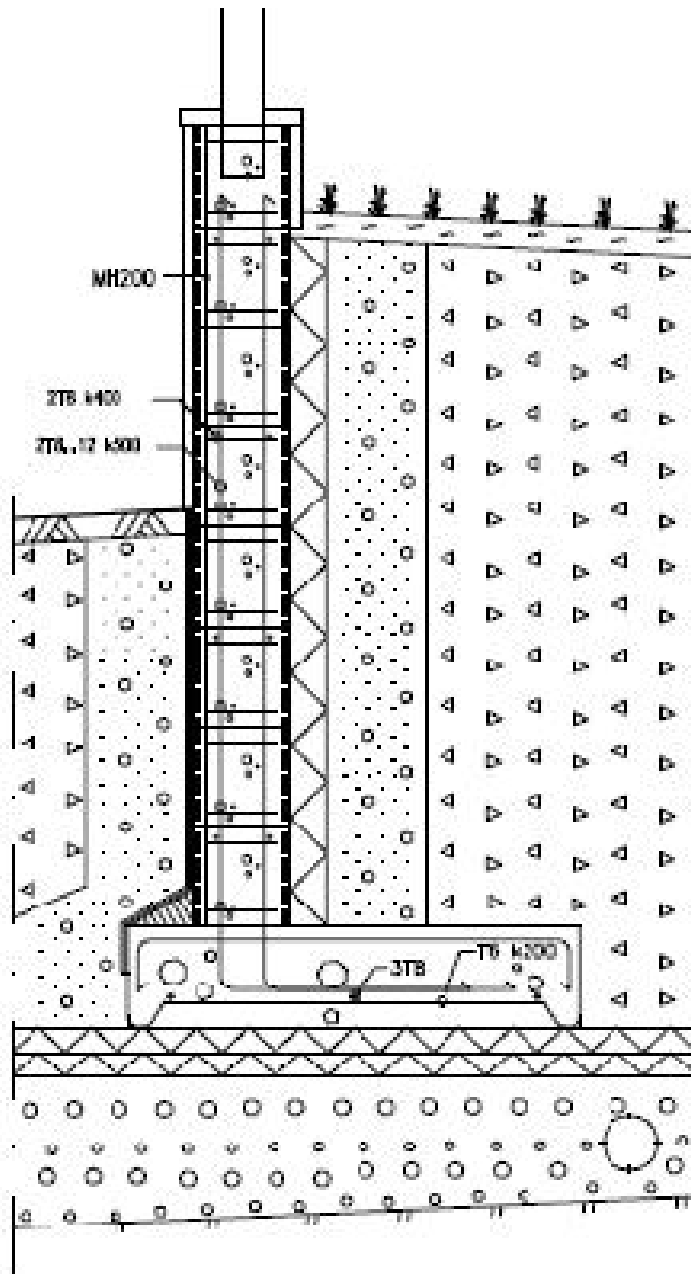
Valittavavana mittana Black -verhoilukivellä voi olla myös 2200 mm, 1000 mm ja 400 mm. Nämä mitat voivat Dark -verhoilukivillä tuottaa ongelmia, johtuen kivenpinnan epätasaisuudesta.

Kun rakenteeseen ei kohdistu maanpainetta, pilareita ja alamuuria ei valeta toisiinsa täysin kiinni, vaan jätetään liikuntavara rakenteeseen. Antura tosin tehdään yhtenäiseksi erinäisten painumien välttämiseksi.

Maanpaineen kohdistuessa rakenteeseen tehdään tukimuuri yhtenäisenä ja betonipilarit korvataan teräspilareilla kaidejärjestelmän mittojen mukaisesti.



Kuva 8. LammiAidan periaatekuva. Lammi-Tassu rakennesuunnitelman mukaan.



Lamm Tassu
rckenresuunnitelman
mukaan

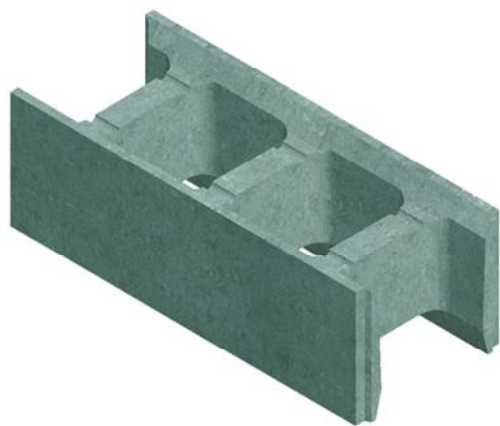
Kuva 9. LammiAidan leikkauskuva maanpainetta vasten rakenteen toimiessa tällöin myös tukimuurina.

5. MATERIAALIT JA LASKENTALUJUUDET

5.1 Muottiharkko

Paikallavalubetonin tulee olla lujuusluokaltaan K20 ja korkeintaan K40.

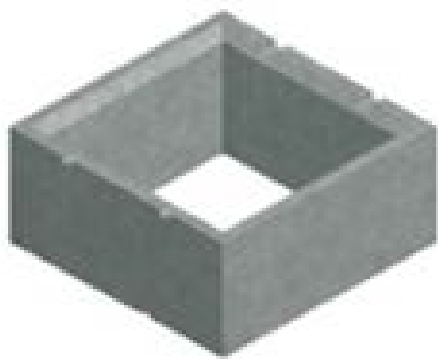
Muottiharkkona käytetään MH200. Tarkemmat materiaaliominaisuudet löytyvät sivulta 3.



Kuva 10. Muottiharkko

5.2 Pilarit

Aidan pilareissa suositellaan käytettävän PH250 tai PH400 muottiharkkoa. Tarkemmat materiaaliominaisuudet löytyvät sivulta 3.



Kuva 11. Pilariharkko

5.3 Kaidejärjestelmä

LammiAidassa voidaan käyttää erilaisia kaidejärjestelmiä. Kaidejärjestelmän pilariväliksi aidassa valitaan 1,2 tai 2,4 metriä. Huomiota on kiinnitettävä putoamissuojana käytettävissä aidassa.. Korkeammissa kohteissa, joissa tarvitaan putoamissuojausta, voidaan käyttää teräspilareita. Tällainen teräspilarirakenne sopeutuu hyvin etenkin, silloin kun korkeuserot vaihtelevat. Tällöin kaideelementtikiinnitykseen saadaan siihen tarvittavaa joustavuutta.

5.4 Pintavaihtoehdot

Pintavaihtoehtona voidaan käyttää luonnonkivi- tai rappauspintaa. Luonnonkivi asennetaan muottiharkkoon siihen sopeutuvalla liimalaastilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Luonnonkivimahdollisuuksia on kahdenlaisia

- pinnaltaan elävä Dark ja
- virtaviivaisempi Black.

Rappauspinta tehdään laastivalmistajan ohjeiden mukaisesti. HUOM. Mikäli muottiharkkona käytetään MH250, tällöin on ainoana julkisivuvaihtoehtona rappauspinta.

6. PUTOAMISSUOJA

LammiAitaa voidaan tarvittaessa käyttää putoamissuojana. Tällöin valitaan turvallisuusmääräykset RakMK F2 täyttävä kaideelementtivaihtoehto.

